



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenl gungsschrift**
⑩ **DE 41 33 269 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 41 33 269.5
㉑ Anmeldetag: 8. 10. 91
㉒ Offenlegungstag: 15. 4. 93

㉓ Int. Cl.⁵:
G 01 P 3/44
G 01 P 3/487
G 01 P 3/489
// F04D 13/06, F04C
15/00

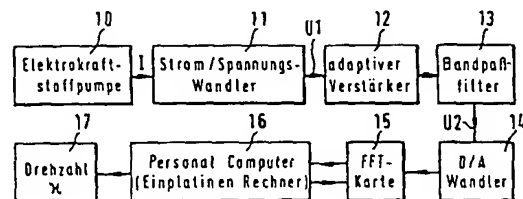
DE 41 33 269 A 1

㉔ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

㉕ Erfinder:
Rollwage, Mathias, Dr.-Phys., 7257 Ditzingen, DE;
Thoennissen, Jochen, Dr.-Ing.; Gubernatz, Michael,
Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE

㉖ Verfahren zur Messung der Drehzahl eines rotierenden Teiles

㉗ Es wird ein Verfahren zur Messung der Drehzahl eines rotierenden Teiles, das vollständig von einem Gehäuse umgeben ist sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens beschrieben, bei dem das Stromsignal, das von dem rotierenden Teil erzeugt wird, nach einer entsprechenden Signalverarbeitung in digitaler Form zwei Fouriertransformationen unterworfen wird, wobei aus dem nach der zweiten Fouriertransformation erhaltenen Spektrum die Drehzahl bestimmt wird. Dabei erfolgt die Bestimmung der Drehzahl aus der zum Maximum χ des Spektrums gehörenden Zeit (t_x), die direkt proportional zur Drehzahl n ist.



DE 41 33 269 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Zur Bestimmung der Drehzahl von rotierenden Teilen werden üblicherweise Markierungen, die am rotierenden Teil angebracht sind, mit Hilfe eines Induktivgebers oder optischen Sensors abgetastet. Das Vorbeilaufen einer solchen Marke am feststehenden Geber erzeugt Spannungsimpulse, aus deren Wiederholfrequenz sich die Drehzahl ermitteln läßt.

Bei rotierenden Teilen, die vollständig von einem Gehäuse umgeben sind, ist eine solche Drehzahlermittlung nicht möglich. Bei Elektrokraftstoffpumpen beispielsweise, die komplett gekapselt sind, sind keine drehbaren Teile nach außen geführt, die eine einfache Drehzahlbestimmung möglich machen würden. In Laborversuchen wurden daher drehzahlabhängige Signale zur Ermittlung der Drehzahl analysiert, beispielsweise: die Schwingbeschleunigung auf dem Elektrokraftstoff-Pumpengehäuse, Druckschwankungen auf der Saugseite oder der Druckseite,

Stromschwankungen in den elektrischen Versorgungsleitungen, Magnetfeldschwankungen außerhalb der Elektrokraftstoffpumpe, die durch die rotierenden Ankersegmente mit den dazugehörigen Stromführungswechseln verursacht werden.

Diese Signale wurden beispielsweise mit getrennten Sensoren ermittelt und in einer nachfolgenden Auswerteanordnung verarbeitet. Die Bestimmung der Drehzahl durch Ausmessung der -stände einzelner Schwingungen hat sich bei den angesprochenen Laborversuchen als nicht zuverlässig erwiesen.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß die Erfassung eines drehzahlabhängigen Signales und dessen anschließende zweimalige Fouriertransformation eine eindeutige und genaue Drehzahlmessung ermöglicht.

Besonders vorteilhaft ist, in Verbindung mit einer Messung der Drehzahl der Elektrokraftstoffpumpe, als weiteres drehzahlabhängiges Signal das Stromsignal zu verwenden und dieses zwei schnellen Fouriertransformationen zu unterwerfen. Durch das wechselnde Bestromen der Ankerwicklungen während der Drehung des Ankers entstehen Stromschwankungen. Diese Stromschwankungen, die mit einer ganz bestimmten, drehzahlabhängigen Frequenz auftreten, sind nach einer ersten Fouriertransformation als Maxima im Spektrum zu erkennen; nach einer weiteren Fouriertransformation tritt die Drehzahl als absolutes Maximum auf und kann in einfacher Weise ausgewertet werden.

Durch Vergleich der aus dem durch eine zweite Fouriertransformation erhaltenen Spektrum, ermittelten Drehzahl mit z. B. den Hauptanteilen des nach der ersten Fouriertransformation erhaltenen Spektrums ist eine Plausibilitätsüberprüfung möglich.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen

Vorrichtung ist in Fig. 1 abgebildet, in Fig. 1a ist eine Innenzahnradpumpe schematisch dargestellt, Fig. 2 zeigt den gemessenen Stromverlauf über der Zeit nach einer Bandpaßfilterung, Fig. 3 zeigt das nach der ersten Fouriertransformation erhaltene Spektrum in Abhängigkeit von der Frequenz und Fig. 4 das nach einer weiteren Fouriertransformation erhaltene Spektrum über der Zeit t.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung in Form eines Blockschaltbildes dargestellt. Dabei bezeichnet 10 die Elektrokraftstoffpumpe, deren Drehzahl ermittelt werden soll. Mit 11 ist eine Meßeinrichtung bezeichnet, die das Stromsignal oder die vom Stromsignal verursachten Magnetfelder der Elektrokraftstoffpumpe mißt, wobei gleichzeitig eine Wandlung des gemessenen Stromes in eine Spannung U1 erfolgt.

An die Meßeinrichtung 11 schließt sich ein adaptiver Verstärker 12 an, in dem die Spannung U1 verstärkt wird, in einem nachfolgenden Bandpaßfilter 13 erfolgt eine Signalfilterung, so daß am Ausgang des Bandpaßfilters ein Signal U2 zur weiteren Auswertung bereit steht. Das Signal U2 ist in Fig. 2 über der Zeit t aufgetragen.

Im Analog-/Digital-Wandler 14 wird das Signal U2 digitalisiert, in einem nachfolgenden Block 15, der Bestandteil eines Rechners 16 sein kann, laufen Fouriertransformationen ab, 15 kann auch als FFT-Karte bezeichnet werden.

In einer mit 17 bezeichneten Ausgabeeinheit wird das im Rechner 16 ermittelte Drehzahlmeßergebnis ausgegeben.

Bei der mit 10 bezeichneten Elektrokraftstoffpumpe, deren Drehzahl ermittelt werden soll, kann es sich um eine beliebige Elektropumpe handeln, beispielsweise eine Rollenzellenpumpe, eine Innenzahnrad-Pumpe, eine Peripheralpumpe oder eine Seitenkanalpumpe. All diese Pumpentypen sind vollständig von einem Gehäuse umgeben, so daß von außen kein drehbares Teil zugänglich bzw. erkennbar ist, über das die Drehzahl relativ einfach ermittelt werden könnte. Selbstverständlich läßt sich die Erfindung auf alle gekoppelten Motoren ausdehnen.

Der der Elektrokraftstoffpumpe 10 zugeführte elektrische Strom, der letztendlich eine Drehung des Ankers der Elektrokraftstoffpumpe bewirkt, soll erfindungsgemäß ausgewertet werden.

Durch das wechselnde Bestromen der Ankerwicklungen der Pumpen während der Drehung entstehen periodische Stromschwankungen. Diese Stromschwankungen sind drehzahlabhängig und können zur Bestimmung der Drehzahl der Elektrokraftstoffpumpe herangezogen werden, indem das sogenannte Stromformbild I gemessen wird.

Bei einer in Fig. 1a dargestellten Elektrokraftstoffpumpe 10, einer Innenzahnradpumpe mit einem Einlaß A und einem Auslaß B mit achtnutigem Anker 18 folgt auf acht Kommutierungen die erste Wiederholung.

Im Stromformbild I sind sowohl die beim Stromwechsel entstehende Wechselfrequenz als auch ganzzahlige Vielfache dieser Wechselfrequenz und der Drehzahlfrequenz vorhanden.

In der Meßeinrichtung 11 wird der Strom der Elektrokraftstoffpumpe gemessen, indem der Strom beispielsweise durch einen Shuntwiderstand geleitet und die an diesen Widerstand abfallende Spannung U1 abgegriffen wird.

Eine verbesserte Meßeinrichtung 11 verwendet einen Stromwandler, der auf dem Prinzip der Kompensation von Magnetfeldern basiert und einen dem Primärstrom proportionalen Meßstrom liefert. Dieser Strom wird über einen Präzisions-Metallfilmwiderstand in eine proportionale Spannung U_1 gewandelt, die nachfolgend ausgewertet wird.

Da die Spannung U_1 , die die Eingangsspannung des adaptiven Verstärkers 12 darstellt, im weiten Bereich schwanken kann, wird sie im adaptiven Verstärker 12 so verstärkt, daß an seinem Ausgang unabhängig von der Höhe der Eingangsspannung eine Ausgangsspannung innerhalb fester Grenzen entsteht. Die Spannung U_1 enthält im übrigen dieselben Frequenzanteile wie das Strombild I.

Das Bandpaßfilter 13 ist ein übliches Bandpaßfilter, das die zu untersuchenden Frequenzanteile durchläßt und die übrigen Frequenzanteile absorbiert.

Im A/D-Wandler 14 erfolgt eine Digitalisierung des Signals U_2 , so daß anschließend eine digitale Fouriertransformation durchgeführt werden kann.

Die FFT-Karte 15 ist eine Einrichtung, in der schnelle Fouriertransformationen (FFT = Fast Fouriertransformation) berechnet werden. Solche FFT sind z. B. aus J. W. Cooley und J. W. Tinkey: "An algorithm for the machine calculation of complex fourir series" in: Math. of Comp., Vol 19, No. 90, pp. 297 — 301, 1965 bekannt.

Die Auswertung der nach der bzw. den Fouriertransformationen erhaltenen Signale bzw. Spektren erfolgt in einem Rechner 16, der beispielsweise ein Personalcomputer oder ein Einplatinen-Rechner ist.

Wird das in Fig. 2 dargestellte Signal $U_2(t)$, das aus dem Stromsignal der Elektrokraftstoffpumpe nach adaptiver Verstärkung und Bandpaßfilterung erhalten wird, einer ersten Fouriertransformation unterworfen, entsteht das Spektrum $U_3(f)$. Dieses Spektrum enthält mehrere relative Maxima bei Frequenzen, die jeweils einem Vielfachen der Drehzahl der Elektrokraftstoffpumpe entsprechen. Es wäre möglich, aus diesen Maxima eine Drehzahlbestimmung durchzuführen, es hat sich jedoch gezeigt, daß eine solche Drehzahlbestimmung durch verschiedenartige Effekte gestört wird. Wird dagegen das Signal $U_3(f)$ in 15 ein zweites Mal einer FFT unterworfen, entsteht ein Signal $U_4(t)$, das direkt ausgewertet werden kann. Dabei wird die durch viele Drehzahlen harmonisch erzeugte Periodizität des Spektrums ausgenutzt, es entstehen keine Fehlmessungen, wenn einzelne Harmonische im Spektrum fehlen oder die Peakamplituden von Spektrum zu Spektrum stark schwanken.

In dem in Fig. 4 dargestellten Spektrum $U_4(t)$ tritt die Drehzahl als absolutes Maximum x auf, weil der entsprechende Linienabstand die deutlichste Periodizität im FFT-Spektrum ist. Die in Fig. 4 mit X bezeichnete Stelle zeigt das von der Drehzahl abhängige Maximum, die zugehörige Zeit t_x wird bestimmt und kann über Proportionalitätsbetrachtungen zur exakten Ermittlung der Drehzahl verwendet werden, da $n \sim 1/t$.

Die in Fig. 4 enthaltenen niedrigen Maxima legen Zeiten fest, die der doppelten, dreifachen oder vierfachen Drehzahl entsprechen.

Ein Vergleich der aus dem Spektrum nach Fig. 4 ermittelten Drehzahl mit den aus Fig. 3 ableitbaren Drehzahlwerten ermöglicht auf vielfältige Art und Weise eine Plausibilitätsüberprüfung, indem ein Vergleich mit den Hauptanteilen des FFT-Spektrums erfolgt.

Die Meßgenauigkeit des beschriebenen Verfahrens hängt von der Datenlänge der Berechnungen der Fou-

riertransformationen ab. Sollen genaue Meßergebnisse erhalten werden, ist ein erhöhter Rechenaufwand bei den Durchführungen der Fouriertransformationen erforderlich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Drehzahl eines rotierenden Teiles, das von einem Gehäuse umgeben ist, dadurch gekennzeichnet, daß ein von der Drehzahl (n) abhängiges weiteres Signal (I) erfaßt wird, daß das weitere Signal (U) gefiltert und digitalisiert und zweifach Fouriertransformiert wird und die Drehzahl (n) aus dem so erhaltenen Spektrum ($U_4(t)$) durch Auswertung des absoluten Maximums (X) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl (n) aus dem Kehrwert der zum absoluten Maximum (X) von ($U_4(t)$) gehörenden Zeit (t_x) bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das rotierende Teil der Anker einer Elektrokraftstoffpumpe ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Signal (I) das Stromsignal oder Magnetsignal der Elektrokraftstoffpumpe ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fouriertransformation und/oder die weitere Auswertung in einem Mikrorechner erfolgen.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meßeinrichtung (11) für das von der Drehzahl (n) abhängige weitere Signal (I) vorgesehen ist, die ein Signal ($U_1(t)$) abgibt, das über einen Verstärker (12) und einen Bandpaß (13) einem Analog-/Digital-Wandler (14) zugeführt wird, mit einem nachgeschalteten Fourieranalysator (15), zur Durchführung von schnellen Fouriertransformationen (FFT) und einer Recheneinrichtung (16) zur Auswertung des Spektrums ($U_4(t)$).
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Verstärker (12) ein adaptiver Verstärker ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Strommeßgerät (11) nach dem Prinzip der Kompensation von Magnetfeldern arbeitet und an seinem Ausgang eine dem gemessenen Strom entsprechende Spannung (U_2) liefert.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

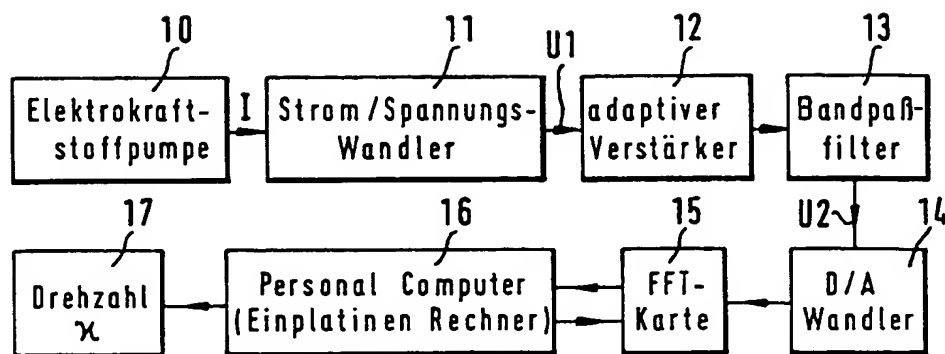


FIG. 1

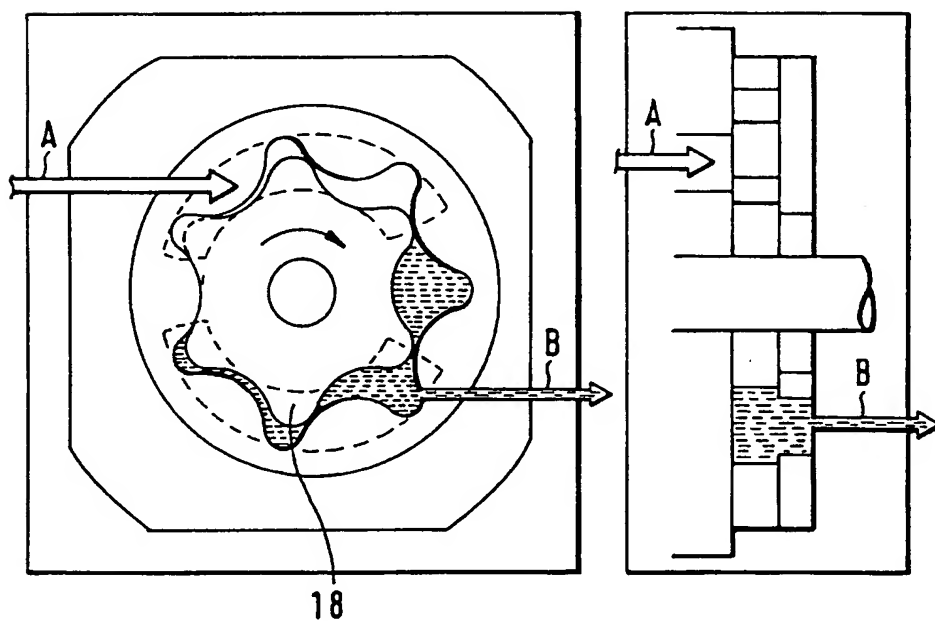
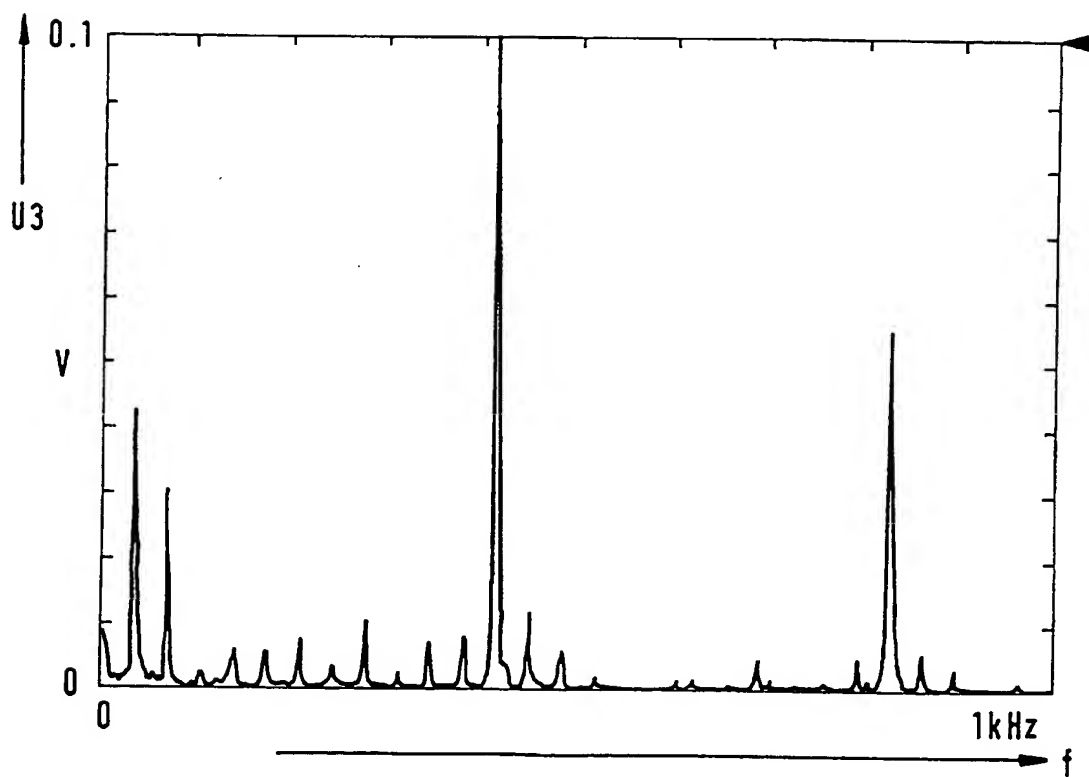
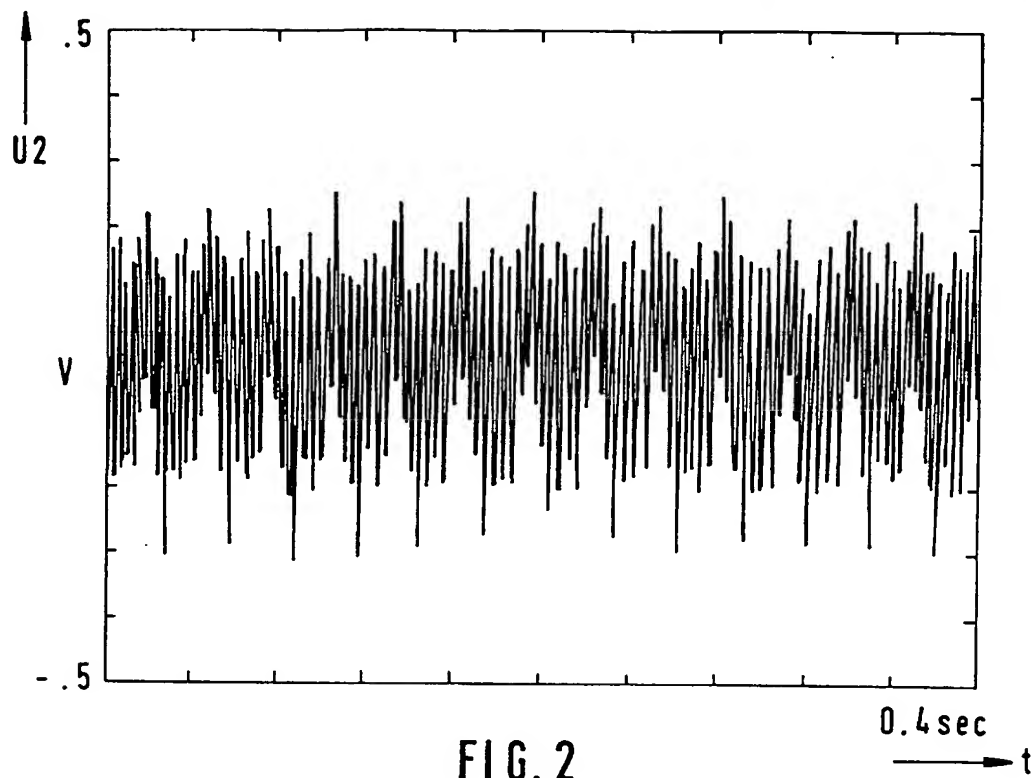


FIG. 1a



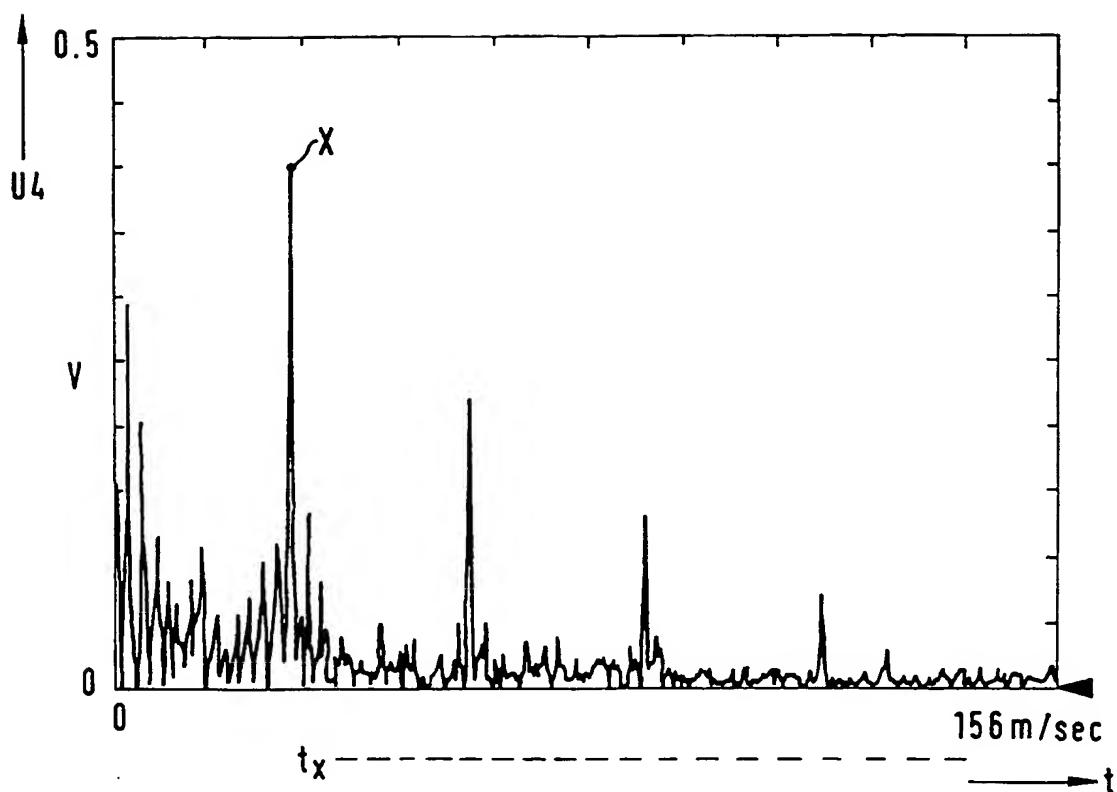


FIG. 4

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

009441113 **Image available**

WPI Acc No: 1993-134632/199316

XRPX Acc No: N93-102591

Rotational speed measurement of component rotating in housing, e.g for
fuel pump - filtering and digitising signal for double Fourier transform
and evaluating absolute spectral maximum

Patent Assignee: BOSCH GMBH ROBERT (BOSC)

Inventor: GOERNATZ M; ROLLWAGE M; THOENNISSEN J

Number of Countries: 017 Number of Patents: 008

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
WO 9307496	A1	19930415	WO 92DE760	A	19920908	199316 B
DE 4133269	A1	19930415	DE 4133269	A	19911008	199316
EP 560953	A1	19930922	EP 92919067	A	19920908	199338
			WO 92DE760	A	19920908	
JP 6503425	W	19940414	WO 92DE760	A	19920908	199420
			JP 93506521	A	19920908	
US 5424636	A	19950613	WO 92DE760	A	19920908	199529
			US 9370425	A	19930604	
EP 560953	B1	19960612	EP 92919067	A	19920908	199628
			WO 92DE760	A	19920908	
DE 59206570	G	19960718	DE 506570	A	19920908	199634
			EP 92919067	A	19920908	
			WO 92DE760	A	19920908	
JP 3135573	B2	20010219	WO 92DE760	A	19920908	200112
			JP 93506521	A	19920908	

Priority Applications (No Type Date): DE 4133269 A 19911008

Cited Patents: DE 2546795; EP 287852; FR 2555317

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 9307496 A1 G 13 G01P-003/48

Designated States (National): JP US

Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LU MC NL
SE

DE 4133269 A1 G01P-003/44

EP 560953 A1 G 13 G01P-003/48 Based on patent WO 9307496

Designated States (Regional): DE FR GB IT

JP 6503425 W G01P-003/44 Based on patent WO 9307496

US 5424636 A 7 G01P-003/46 Based on patent WO 9307496

EP 560953 B1 G 8 G01P-003/48 Based on patent WO 9307496

Designated States (Regional): DE FR GB IT

DE 59206570 G G01P-003/48 Based on patent EP 560953

Based on patent WO 9307496

JP 3135573 B2 7 G01P-003/44 Previous Publ. patent JP 6503425

Based on patent WO 9307496

Abstract (Basic): WO 9307496 A

The speed of e.g. an internally toothed wheel drive electric fuel
pump (10) is deduced from measurement (11) of the electric current or
the associated magnetic field, converted into a voltage for adaptive
amplification (12), band-pass filtering (13) and digitisation (14).

The digital signal is applied to the fast Fourier transform board

(15) of a PC-type microcomputer (16) which evaluates the time corresp, to the max. of the transformed spectrum. This time is directly proportional to the rotational speed.

ADVANTAGE - Unambiguous and precise rotational speed measurement is possible by the double Fourier transformation of speed-dependent signal.

Dwg.1/4

Abstract (Equivalent): EP 560953 B

Process for measuring the rotational speed of a rotating component which is surrounded by a housing, a current (1) being supplied whose variation depends on the rotational speed (n) of the rotating component, the current being detected and transformed into a voltage (U1) and this voltage (U1) being filtered and digitized and subjected to a Fourier transformation in order to detect the rotational speed (n), characterized in that a second Fourier transformation is carried out and the rotational speed (n) is determined from the range (UU4(t)), obtained according to the second Fourier transformation by evaluating the absolute maximum (X).

(Dwg.1a/4)

Abstract (Equivalent): US 5424636 A

In a process for detecting the revs. of a rotating part, the current signal which is generated by the rotating part is subjected to two Fourier transforms after corresp. signal processing in digital form. The rate of rotation is determined from the spectrum obtained after the second Fourier transform. The rate of rotation is determined from the time pertaining to the max. of the spectrum which is directly proportional to the rate of rotation.

USE/ADVANTAGE - For measuring the rate of rotation of a rotating part which is completely enclosed by a housing e.g. in electric fuel pumps. Provides a definite and precise measurement.

(Dwg.1/4)

Title Terms: ROTATING; SPEED; MEASURE; COMPONENT; ROTATING; HOUSING; FUEL; PUMP; FILTER; DIGITAL; SIGNAL; DOUBLE; FOURIER; TRANSFORM; EVALUATE; ABSOLUTE; SPECTRAL; MAXIMUM

Derwent Class: Q56; S02; T01

International Patent Class (Main): G01P-003/44; G01P-003/46; G01P-003/48

International Patent Class (Additional): F04B-049/06; G01P-003/42;

G01P-003/481; G01P-003/487; G01P-003/489

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-G01B1; T01-J04B1

?